

直流電場下における液中微粒子の凝集現象に関する研究

著者	永島 弘堯
出版者	法政大学大学院理工学研究科
雑誌名	法政大学大学院紀要．理工学・工学研究科編
巻	59
ページ	1-3
発行年	2018-03-31
URL	http://doi.org/10.15002/00021544

直流電場下における 液中微粒子の凝集現象に関する研究

RESEARCH OF PARTICLES AGGREGATION BEHAVIOR IN SLURRIES UNDER D.C. ELECTRIC FIELD

永島弘堯

Hiroataka NAGASHIMA

指導教員 森隆昌

法政大学大学院理工学研究科応用化学専攻修士課程

Particles can form aggregates by direct current (D.C.) electric field. In this paper, we discussed the aggregation mechanism and the effect of particle type on the aggregation behavior. Aqueous slurries containing several types of particles with different pH were applied to D.C. electric field. In addition non-aqueous slurries prepared from the above particles and oil were also applied to D.C. electric field. Particles in aqueous slurries formed aggregates by D.C. electric field; however, when the slurry pH was adjusted to be the isoelectric point, the aggregation efficiency greatly decreased. Besides the particles in oil did not form aggregates by D.C. electric field. It was found that the particles needed to form electrical double layer in order to form aggregates by D.C. electric field. In addition the aggregation is caused not only by improving the collision efficiency but also by distorting the electrical double layer. It was also suggested that the strength of aggregate consisting hydrophobic particles should be weaker.

Key Words : D.C. electric field, aggregation, electrical double layer

1. 緒言

固液分離プロセスにおいて、液中微粒子を凝集させることは分離効率の向上につながる重要な役割をもつ。一般には凝集剤を添加して粒子を凝集させているが、資源リサイクルを考えたとき、添加した凝集剤（薬剤）が不純物となるため問題となる。そこで、我々は薬剤を使用しない方法として、直流電場を利用した粒子凝集技術を開発した。この技術はケミカルフリーな分離方法であるため、液中微粒子のリサイクルが容易であり、研磨、洗浄廃液中に含まれる貴金属の回収や、すり身洗浄液中のたんぱく質の回収などに有効な技術であると考えられる。

そこで本報では、本技術の実プロセスへの応用を目的に電場による凝集メカニズムの解明と、粒子材質が凝集効果に及ぼす影響を検討した。

2. 実験

2.1 スラリー調製

試料粉体の詳細を Table 1 に示す。これらの試料についてイオン交換水を分散媒として、超音波照射により粒子濃度 0.01 vol% のスラリーを調製した。

調製したスラリーを電極間距離 40 mm となるように

作製したアクリル製直方体容器に投入し、炭素電極板を通して電圧を印加した。

Table 1 試料粉体一覧

物質名	密度 [g·cm ⁻³]	メジアン径 [μm]	等電点 [-]
Al ₂ O ₃	3.96	0.72	8.9
BaTiO ₃	6.08	0.79	4.0
SiO ₂	2.65	0.57	-
TiO ₂	3.90	0.47	3.0
CeO ₂	7.30	0.48	8.5
Carbon Black	2.20	0.46	8.7

2.2 直流電場による凝集実験

2.2.1 凝集メカニズムの解明

スラリーの pH を変えて異なるゼータ電位をもたせた粒子に電圧 5 V で直流電場を印加した。印加後に気液界面から 15 mm のところよりスラリーをサンプリングし、濃度を測定した。

2.2.2 粒子材質の影響

水簸により沈降速度を揃えた粒子 5 種類を比較し、材質による凝集性の違いを検討した。スラリーの pH を 5 (すべての粒子が $|\zeta| = 40 \sim 50$ mV) とし、電圧 5 ~ 15 V で 60 min 電圧を印加した。印加後に容器底部からスラリーをサンプリングし、レーザー回折式粒子径分布測定装置にて粒子径 (凝集径) を測定した。

3. 結果と考察

3.1 凝集メカニズムの解明

Fig.1 にアルミナの電場印加中の粒子濃度の変化を示す。等電点以外のスラリーはいずれの pH でも 60 min 電場を印加することで、等電点で静置させた場合と同程度あるいはそれ以下まで粒子濃度が低下することが分かる。

Fig.2 に初期粒子濃度から 60 min 電場印加後の上澄み濃度を引いた値を、初期粒子濃度から電場を印加せず 60 min 静置した時の上澄み濃度を引いた値で除した濃縮効果をゼータ電位に対してプロットした。濃度減少比が大きいほど直流電場により凝集が促進されたことを表す。すべての粒子、すべてのスラリー条件で直流電場による凝集が確認されたが、等電点に調整した場合のみ濃度減少比が極めて低い、つまり電場による凝集効果が極めて低いことが明らかとなった。これは粒子周りに電気二重層が形成されていないため、粒子凝集効果が現れなかったと考えられる。

一方、粒子が電気泳動により反対符号の電極近傍に濃縮されることによって、衝突頻度が増加し凝集を促したことも考えられる。そこで攪拌により容器内の粒子濃度を均質に保って電場を印加させたところ、攪拌なしの場合と同様の凝集が確認された。さらに電場印加せず攪拌のみを行って凝集効果がどの程度あるかも確認したが、攪拌のみでは凝集効果は確認されなかった。したがって、直流電場による粒子凝集には粒子が帯電し電気二重層が形成されていることが重要であること、また電場による凝集が、電気泳動により粒子が極板近傍に集まり衝突頻度が増加するためだけでなく、電気二重層が歪むことに起因すると考えられる。

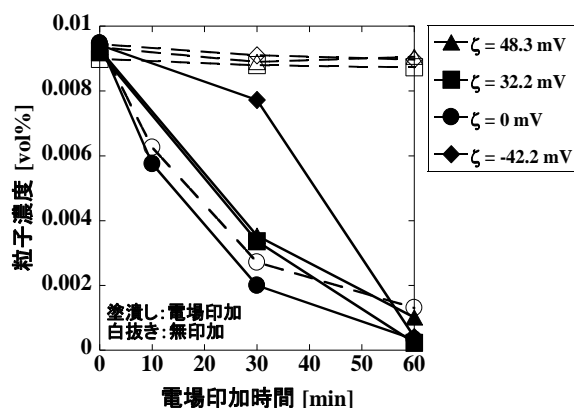


Fig.1 Al_2O_3 粒子濃度変化

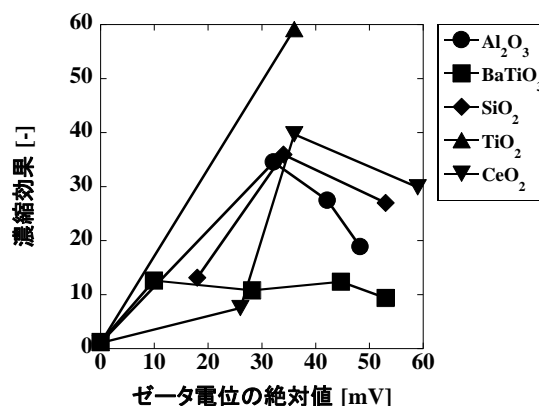


Fig.2 電場による凝集促進効果

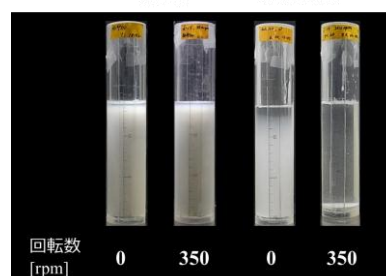


Fig.3 攪拌下で電場印加 (左: 無印加, 右: 電場印加後)

3.2 粒子材質の影響

Fig.4 ~ 8 に電場印加後の粒子径分布を示す。 Al_2O_3 、 CeO_2 、Carbon Black については電場により凝集体が形成されたことが確認できた。しかしながら、 SiO_2 、 TiO_2 については Fig.2 で示したように、濃度減少比からは粒子が電場によって凝集したことが確認されたが、粒子径分布は電場印加前とほとんど変化がなかった。

これらの粒子では電場印加中には粒子が凝集しているがその強度は弱く、電場印加後に凝集体が崩壊したものと考えられる。

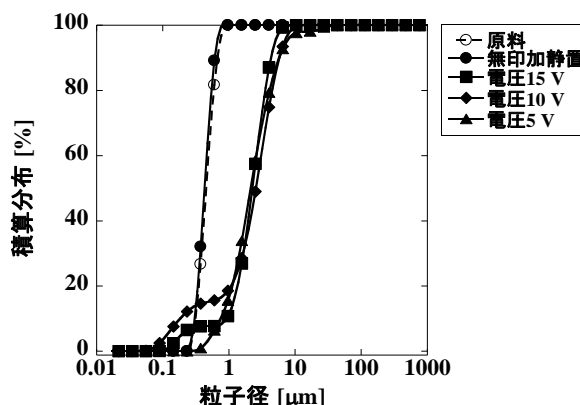


Fig.4 Al_2O_3 の粒子径分布の変化

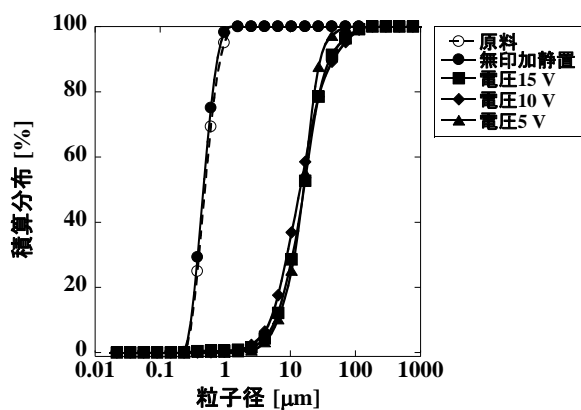


Fig.5 CeO₂の粒子径分布の変化

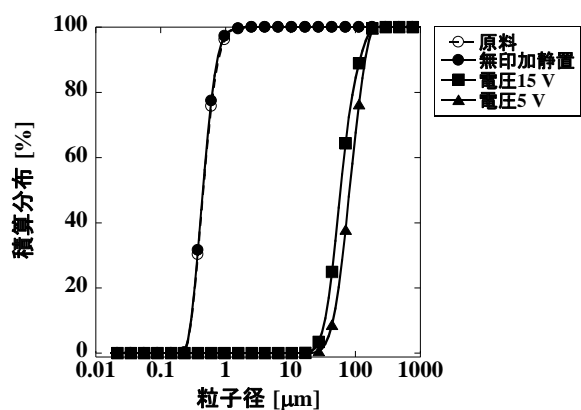


Fig.6 Carbon Blackの粒子径分布の変化

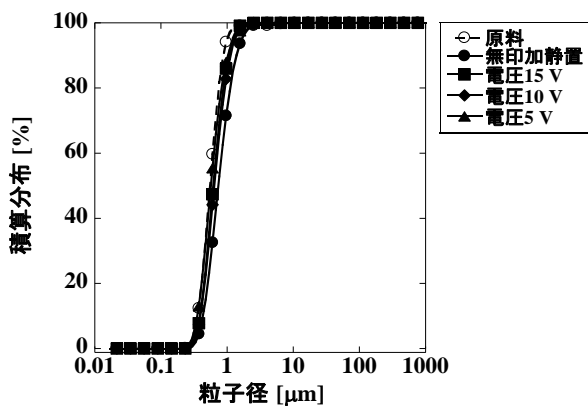


Fig.7 SiO₂の粒子径分布の変化

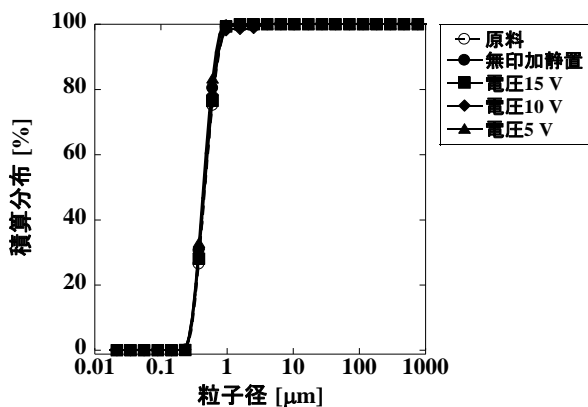


Fig.8 TiO₂の粒子径分布の変化

4. 結言

直流電場により液中微粒子を凝集させることは、粒子まわりに電気二重層が形成されていればどんな粒子でも可能である。しかしながら、等電点では凝集効率は極めて低下する。また、一部の材質の粒子では凝集体の強度が弱く壊れやすいことが示された。

謝辞

本研究の一部は科研費基盤研究(B) 15H02849 の支援のもとで実施しました。ここに記して謝意を表します。